

日 本 国 特 許 庁  
JAPAN PATENT OFFICE

05  
Jc839 U.S. PTO  
09/924054  
08/08/01

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office

出 願 年 月 日

Date of Application:

2000年 8月 9日

出 願 番 号

Application Number:

特願2000-240546

出 願 人

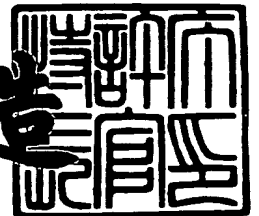
Applicant(s):

日本電気株式会社

2001年 6月 8日

特 許 庁 長 官  
Commissioner,  
Japan Patent Office

及 川 耕 造



出証番号 出証特2001-3054113

【書類名】 特許願

【整理番号】 49210442

【提出日】 平成12年 8月 9日

【あて先】 特許庁長官殿

【国際特許分類】 H04L 12/56

【発明者】

    【住所又は居所】 東京都港区芝五丁目7番1号 日本電気株式会社内

    【氏名】 斎藤 博幸

【特許出願人】

    【識別番号】 000004237

    【氏名又は名称】 日本電気株式会社

【代理人】

    【識別番号】 100088812

    【弁理士】

    【氏名又は名称】 ▲柳▼川 信

【手数料の表示】

    【予納台帳番号】 030982

    【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

    【物件名】 明細書 1

    【物件名】 図面 1

    【物件名】 要約書 1

【ブルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 通信ネットワーク設計回路及びその設計方法並びにその制御プログラムを記録した記録媒体及び伝送媒体

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 複数のノードからなりかつ他のネットワークに接続される対象ネットワークにおいて、他のネットワークからデータが入ってくる入口ノードから流入するデータのトラフィック量及び他のネットワークにデータが出て行く出口ノードから流出するデータのトラフィック量を与えてその範囲内で任意に通信可能とする多地点間通信サービスのための通信ネットワーク設計回路であって、前記多地点間通信サービスを求めるための数理計画問題を設定する設定手段と、前記設定手段で設定された数理計画問題を解いて前記多地点間通信サービスのためのパスを得る最適化手段とを有することを特徴とする通信ネットワーク設計回路。

【請求項 2】 前記多地点間通信サービスのためのパスを予め設定される最適化基準に基づいて求めるようにしたことを特徴とする請求項 1 記載の通信ネットワーク設計回路。

【請求項 3】 前記設定手段は、前記対象ネットワークにおけるリンク負荷を最小化しかつ前記最適化基準となる目的関数を設定しかつ前記リンク負荷を求める制約式を設定する最適化基準作成手段と、他のネットワークから流入するデータのトラフィックを収容する経路を選ぶための制約式を作成する経路選択条件条件作成手段と、前記入口ノード各々から流入するデータのトラフィック毎に各リンクに必要なリンク帯域を計算するための制約式を作成するユーザ別必要リンク容量計算条件作成手段と、各リンクにおいてリンク容量制限を越えないための制約式を作成するリンク収容条件作成手段とを含むことを特徴とする請求項 1 または請求項 2 記載の通信ネットワーク設計回路。

【請求項 4】 前記設定手段の各手段は、各々並列的に処理するようにしたことを特徴とする請求項 3 記載の通信ネットワーク設計回路。

【請求項 5】 複数のノードからなりかつ他のネットワークに接続される対

象ネットワークにおいて、他のネットワークからデータが入ってくる入口ノードから流入するデータのトラフィック量及び他のネットワークにデータが出て行く出口ノードから流出するデータのトラフィック量を与えてその範囲内で任意に通信可能とする多地点間通信サービスのための通信ネットワーク設計方法であって、前記多地点間通信サービスを求めるための数理計画問題を設定するステップと、その設定された数理計画問題を解いて前記多地点間通信サービスのためのパスを得るステップとを有することを特徴とする通信ネットワーク設計方法。

【請求項 6】 前記多地点間通信サービスのためのパスを予め設定される最適化基準に基づいて求めるようにしたことを特徴とする請求項 5 記載の通信ネットワーク設計方法。

【請求項 7】 前記数理計画問題を設定するステップは、前記対象ネットワークにおけるリンク負荷を最小化しかつ前記最適化基準となる目的関数を設定しかつ前記リンク負荷を求める制約式を設定するステップと、他のネットワークから流入するデータのトラフィックを収容する経路を選ぶための制約式を作成するステップと、前記入口ノード各々から流入するデータのトラフィック毎に各リンクに必要なリンク帯域を計算するための制約式を作成するステップと、各リンクにおいてリンク容量制限を越えないための制約式を作成するステップとを含むことを特徴とする請求項 5 または請求項 6 記載の通信ネットワーク設計方法。

【請求項 8】 前記数理計画問題を設定するステップの各ステップは、各々並列的に処理するようにしたことを特徴とする請求項 7 記載の通信ネットワーク設計方法。

【請求項 9】 複数のノードからなりかつ他のネットワークに接続される対象ネットワークにおいて、他のネットワークからデータが入ってくる入口ノードから流入するデータのトラフィック量及び他のネットワークにデータが出て行く出口ノードから流出するデータのトラフィック量を与えてその範囲内で任意に通信可能とする多地点間通信サービスのための通信ネットワーク設計制御プログラムを記憶する記憶媒体であって、前記通信ネットワーク設計制御プログラムは前記対象ネットワークを設計するためのコンピュータに、前記多地点間通信サービスを求めるための数理計画問題を設定させ、その設定された数理計画問題を解い

て前記多地点間通信サービスのためのパスを得させるようにしたことを特徴とする通信ネットワーク設計制御プログラムを記憶する記憶媒体。

【請求項10】 前記通信ネットワーク設計制御プログラムは前記コンピュータに、前記多地点間通信サービスのためのパスを予め設定される最適化基準に基づいて求めさせるようにしたことを特徴とする請求項9記載の通信ネットワーク設計制御プログラムを記憶する記憶媒体。

【請求項11】 前記通信ネットワーク設計制御プログラムは前記コンピュータに、前記数理計画問題を設定させる際に、前記対象ネットワークにおけるリンク負荷を最小化しかつ前記最適化基準となる目的関数を設定しかつ前記リンク負荷を求める制約式を設定させ、他のネットワークから流入するデータのトラフィックを収容する経路を選ぶための制約式を作成させ、前記入口ノード各々から流入するデータのトラフィック毎に各リンクに必要なリンク帯域を計算するための制約式を作成させ、各リンクにおいてリンク容量制限を越えないための制約式を作成させるようにしたことを特徴とする請求項9または請求項10記載の通信ネットワーク設計制御プログラムを記憶する記憶媒体。

【請求項12】 前記通信ネットワーク設計制御プログラムは前記コンピュータに、前記数理計画問題を設定させる際の各処理を各々並列的に処理させるようにしたことを特徴とする請求項11記載の通信ネットワーク設計制御プログラムを記憶する記憶媒体。

【請求項13】 複数のノードからなりかつ他のネットワークに接続される対象ネットワークにおいて、他のネットワークからデータが入ってくる入口ノードから流入するデータのトラフィック量及び他のネットワークにデータが出て行く出口ノードから流出するデータのトラフィック量を与えてその範囲内で任意に通信可能とする多地点間通信サービスのための通信ネットワーク設計制御プログラムをネットワークで伝送する伝送媒体であって、前記通信ネットワーク設計制御プログラムは前記対象ネットワークを設計するためのコンピュータに、前記多地点間通信サービスを求めるための数理計画問題を設定させ、その設定された数理計画問題を解いて前記多地点間通信サービスのためのパスを得させるようにしたことを特徴とする通信ネットワーク設計制御プログラムをネットワークで伝送

する伝送媒体。

【請求項 1 4】 前記通信ネットワーク設計制御プログラムは前記コンピュータに、前記多地点間通信サービスのためのパスを予め設定される最適化基準に基づいて求めさせるようにしたことを特徴とする請求項 1 3 記載の通信ネットワーク設計制御プログラムをネットワークで伝送する伝送媒体。

【請求項 1 5】 前記通信ネットワーク設計制御プログラムは前記コンピュータに、前記数理計画問題を設定させる際に、前記対象ネットワークにおけるリンク負荷を最小化しかつ前記最適化基準となる目的関数を設定しかつ前記リンク負荷を求める制約式を設定させ、他のネットワークから流入するデータのトラフィックを収容する経路を選ぶための制約式を作成させ、前記入口ノード各々から流入するデータのトラフィック毎に各リンクに必要なリンク帯域を計算するための制約式を作成させ、各リンクにおいてリンク容量制限を越えないための制約式を作成させるようにしたことを特徴とする請求項 1 3 または請求項 1 4 記載の通信ネットワーク設計制御プログラムをネットワークで伝送する伝送媒体。

【請求項 1 6】 前記通信ネットワーク設計制御プログラムは前記コンピュータに、前記数理計画問題を設定させる際の各処理を各々並列的に処理させるようにしたことを特徴とする請求項 1 5 記載の通信ネットワーク設計制御プログラムをネットワークで伝送する伝送媒体。

【発明の詳細な説明】

【0 0 0 1】

【発明の属する技術分野】

本発明は通信ネットワーク設計回路及びその設計方法並びにその制御プログラムを記録した記録媒体及び伝送媒体に関し、特に複数のノードからなりかつ他のネットワークに接続される対象ネットワークにおいて、他のネットワークからデータが入ってくる入口ノードから流入するデータのトラフィック量及び他のネットワークにデータが出て行く出口ノードから流出するデータのトラフィック量を与えてその範囲内で任意に通信可能とする多地点間通信サービスの設計方法に関する。

【0 0 0 2】

## 【従来の技術】

従来、通信ネットワーク設計法、例えば、"Restoration strategies and spare capacity requirements in self-healing ATM networks" (Yi jun Xiong and Lorne Mason, INFOCOM' 97, April 1997) に記載の方法では、単一ノード間の通信のためのパスを設計している。そこでは通信を行うノードペア毎に通信量を定め、それらのノードペア間に固定的な帯域のパスを設定している。

## 【0003】

従来の設計法に基づいて設計された結果の一例を図4に示す。まず、図4を参照して従来の設計法について説明する。図4において、d1は設計法で対象となるネットワーク範囲を示し、以下、これを対象ネットワークとする。n1～n7はノードを表す。u1～u4は設計対象外のネットワークを表し、これらのネットワーク間の通信トラフィックが対象ネットワークに流入出する。以下、この対象外のネットワークをユーザネットワークとする。

## 【0004】

例えば、u1～u4はあるユーザのネットワークの異なる拠点を表している。ノードのうち、対象ネットワークとユーザネットワークとの境界上にあるノードをエッジノード、対象ネットワーク内のノードをコアノードとする。

## 【0005】

ユーザネットワークからデータが入ってくる場合にはエッジノードを入口ノードとし、ユーザネットワークにデータが出ている場合にはエッジノードを出口ノードとする。普通、エッジノードは入口ノード及び出口ノードのどちらの役割も果たす。但し、ノードといった場合にはエッジノード及びコアノードの両方が含まれる。また、ノード間及びノード・対象外ネットワーク間の線分はリンクを意味し、これを(n1, n2)や(u1, n2)等と表現する。

## 【0006】

図4においてはリンクを一本しか記述していないが、両方向のリンクがあることを示す。例えば、リンク(n1, n2)はn1→n2のリンクとn2→n1のリ

ンクとがあることを意味する。尚、同じノード組にいくつものリンクがあってもよい。リンクはその属性に帯域を持つ。図4では説明に必要な部分の帯域しか記述していない。

## 【0007】

いま、ある多地点間サービスにおいて、入口ノードn3からデータが2Mb/s流入し、入口ノードn1からデータが1Mb/s流入し、出口ノードn6からデータが2Mb/s流出し、出口ノードn5からデータが1Mb/s流出するものとする。

## 【0008】

従来の設計法では各入口ノードと出口ノードとの間に固定的にパスを設定する必要がある。例えば、 $\langle n2, n7 \rangle$ を1Mb/s、 $\langle n2, n6 \rangle$ を2Mb/s、 $\langle n1, n7 \rangle$ を1Mb/s、 $\langle n1, n6 \rangle$ を1Mb/sとそれぞれのトラフィック量を決めてパスを設計する。ここで、パスをp1～p4で表し、従来の設計法によって図4に示すようなパスが設計された例を示している。

## 【0009】

## 【発明が解決しようとする課題】

しかしながら、従来の設計法では、入口／出口ペア毎に通信量を与えてパスを設計するため、各始端ノードにユーザネットワークから入る通信量及び各終端ノードからユーザネットワークへ出る通信量を与え、その範囲内で任意に通信することができるという形態サービスを設計することができない。

## 【0010】

そこで、本発明の目的は上記の問題点を解消し、入口ノードから流入するデータのトラフィック量及び出口ノードから流出するデータのトラフィック量のみを与え、その範囲内で任意に通信することができる多地点間通信サービスのためのパス、必要なリンク容量を求めることができる通信ネットワーク設計回路及びその設計方法並びにその制御プログラムを記録した記録媒体及び伝送媒体を提供することにある。

## 【0011】

## 【課題を解決するための手段】



本発明による通信ネットワーク設計回路は、複数のノードからなりかつ他のネットワークに接続される対象ネットワークにおいて、他のネットワークからデータが入ってくる入口ノードから流入するデータのトラフィック量及び他のネットワークにデータが出て行く出口ノードから流出するデータのトラフィック量を与えてその範囲内で任意に通信可能とする多地点間通信サービスのための通信ネットワーク設計回路であって、前記多地点間通信サービスを求めるための数理計画問題を設定する設定手段と、前記設定手段で設定された数理計画問題を解いて前記多地点間通信サービスのためのパスを得る最適化手段とを備えている。

## 【 0 0 1 2 】

本発明による通信ネットワーク設計方法は、複数のノードからなりかつ他のネットワークに接続される対象ネットワークにおいて、他のネットワークからデータが入ってくる入口ノードから流入するデータのトラフィック量及び他のネットワークにデータが出て行く出口ノードから流出するデータのトラフィック量を与えてその範囲内で任意に通信可能とする多地点間通信サービスのための通信ネットワーク設計方法であって、前記多地点間通信サービスを求めるための数理計画問題を設定するステップと、その設定された数理計画問題を解いて前記多地点間通信サービスのためのパスを得るステップとを備えている。

## 【 0 0 1 3 】

本発明による通信ネットワーク設計制御プログラムを記録した記録媒体は、複数のノードからなりかつ他のネットワークに接続される対象ネットワークにおいて、他のネットワークからデータが入ってくる入口ノードから流入するデータのトラフィック量及び他のネットワークにデータが出て行く出口ノードから流出するデータのトラフィック量を与えてその範囲内で任意に通信可能とする多地点間通信サービスのための通信ネットワーク設計制御プログラムを記憶する記憶媒体であって、前記通信ネットワーク設計制御プログラムは前記対象ネットワークを設計するためのコンピュータに、前記多地点間通信サービスを求めるための数理計画問題を設定させ、その設定された数理計画問題を解いて前記多地点間通信サービスのためのパスを得させるようにしている。

## 【 0 0 1 4 】

本発明による通信ネットワーク設計制御プログラムを記録した伝送媒体は、複数のノードからなりかつ他のネットワークに接続される対象ネットワークにおいて、他のネットワークからデータが入ってくる入口ノードから流入するデータのトラフィック量及び他のネットワークにデータが出て行く出口ノードから流出するデータのトラフィック量を与えてその範囲内で任意に通信可能とする多地点間通信サービスのための通信ネットワーク設計制御プログラムをネットワークで伝送する伝送媒体であって、前記通信ネットワーク設計制御プログラムは前記対象ネットワークを設計するためのコンピュータに、前記多地点間通信サービスを求めるための数理計画問題を設定させ、その設定された数理計画問題を解いて前記多地点間通信サービスのためのパスを得させるようにしている。

## 【0015】

すなわち、本発明の通信ネットワーク設計回路は、多地点間通信サービスを求めるための数理計画問題を設定する最適化基準作成手段、経路選択条件条件作成手段、ユーザ別必要リンク容量計算条件作成手段、リンク収容条件作成手段と、これらの手段によって作成された数理計画問題を解く最適化手段とを有することを特徴とする。

## 【0016】

最適化基準作成手段はリンク負荷を最小化する目的関数を設定し、さらにリンク負荷を求める制約式を設定する。経路選択条件条件作成手段は対象ネットワークにおいて流入するデータのトラフィック量を収容する経路を選ぶための制約式を作成する。

## 【0017】

ユーザ別必要リンク容量計算条件作成手段は各ユーザの入口ノードから入ってきたデータ毎に各リンクにおいて必要なリンク帯域を計算するための制約式を作成する。リンク収容条件作成手段は各リンクにおいてリンク容量制限を越えないための制約式を作成する。最適化手段はこれらの手段によって作成された数理計画問題を解く。

## 【0018】

これによって、入口ノードから流入するトラフィック量と出口ノードから流出

するトラフィック量とをのみ与えてその範囲内で任意に通信することができる多地点間通信サービスのためのパスを最適化基準に基づいて求めることが可能となる。

【0019】

【発明の実施の形態】

次に、本発明の一実施例について図面を参照して説明する。図1は本発明の一実施例による多地点間通信サービスのための設計回路（以下、設計回路とする）の構成を示すブロック図である。図1において、本発明の一実施例による設計回路はコンピュータ1と、キーボード等の入力部2と、ディスプレイ装置等の出力部3と、記録媒体（または伝送媒体）4とから構成されている。

【0020】

コンピュータ1は最適化基準作成手段11と、経路選択条件条件作成手段12と、ユーザ別必要リンク容量計算条件作成手段13と、リンク収容条件作成手段14と、最適化手段15とを備えている。

【0021】

記録媒体4はフロッピディスクやROM（リードオンリメモリ）、その他の記録媒体もしくはネットワークで伝送される媒体であり、コンピュータ1を多地点間通信サービスのための設計回路として機能させるためのプログラムが記録されている。

【0022】

このプログラムはコンピュータ1によって記録媒体4から読取られ、コンピュータ1の動作を制御することで、コンピュータ1上に最適化基準作成手段11、経路選択条件条件作成手段12、ユーザ別必要リンク容量計算条件作成手段13、リンク収容条件作成手段14、最適化手段15各々の機能を実現する。

【0023】

最適化基準作成手段11は対象ネットワークにおけるリンク負荷を最小化しかつ最適化基準となる目的関数を設定し、さらにリンク負荷を求める制約式を設定する。経路選択条件条件作成手段12は他のネットワークから流入するデータのトラフィックを収容する経路を選ぶための制約式を作成する。

## 【0024】

ユーザ別必要リンク容量計算条件作成手段13は入口ノード各々から流入するデータのトラフィック毎に各リンクに必要なリンク帯域を計算するための制約式を作成する。

## 【0025】

リンク収容条件作成手段14は各リンクにおいてリンク容量制限を越えないための制約式を作成する。最適化手段15は上記の最適化基準作成手段11、経路選択条件作成手段12、ユーザ別必要リンク容量計算条件作成手段13、リンク収容条件作成手段14各々によって作成された数理計画問題を解き、多地点間通信サービスのためのパスを得る。

## 【0026】

続いて、本実施例の動作について詳細に説明する。まず、本実施例で使う記号について説明する。この記号は集合、変数、定数に区分される。集合としては $L$ がリンク集合を、 $D$ がユーザ集合を、 $N_d$ がユーザ $d$ の入口エッジノード集合を、 $P_d$ がユーザ $d$ の入口ノードと出口ノードとのペア集合を、 $I_{(a,z)}$ が入口エッジノード $a$ と出口エッジノード $z$ との間のパス候補集合をそれぞれ示している。

## 【0027】

リンク集合 $L$ において、各要素は $(l, m, k)$ で表わされる。ここで、 $l$ は発ノード、 $m$ は着ノード、 $k$ は同じノード間で複数のリンクがある場合の識別子である。この最後の識別子をサブリンク識別子と呼ぶ。ユーザ集合 $D$ においては各ユーザ毎に一つの多地点間サービスがある。パス候補集合 $I_{(a,z)}$ においては各要素を $i_{(a,z)}$ と表している。

## 【0028】

変数としては $f_i$ が0-1変数を、 $\phi$ が対象ネットワークにおけるリンク負荷を、 $w_{(l,m,k)ad}$ が出口エッジノードに流れるデータフローの合計をそれぞれ示している。

## 【0029】

0-1変数 $f_i$ はユーザ $d$ が入口エッジノード $a$ と出口エッジノード $z$ との間

のパス候補  $i(a, z)$  をパスとして採用する時に 1 を、そうでない時に 0 をとる。  
 出口エッジノードに流れるデータフローの合計  $w_{(l, m, k)ad}$  はユーザ  $d$  の入口エッジノード  $a$  から流入するデータのトラフィックに関して、リンク  $(l, m, k)$  より下流にある出口エッジノードに流れるデータフローの合計を表す。

【0030】

定数としては  $v_{ad}$  が入口エッジノード  $a$  から流入してくるデータのトラフィック量を、 $v_{zd}$  が出口エッジノード  $z$  から流出して行くデータのトラフィック量を、 $g_i$  がインディケータ定数を、 $c^{(l, m, k)}$  がリンク  $(l, m, k)$  における容量制限をそれぞれ示している。

【0031】

トラフィック量  $v_{ad}$  はユーザ  $d$  に関して入口エッジノード  $a$  から流入してくるデータのトラフィック量を示し、トラフィック量  $v_{zd}$  はユーザ  $d$  に関して出口エッジノード  $z$  から流出して行くデータのトラフィック量を示している。インディケータ定数  $g_i$  はパス候補  $i(a, z)$  がリンク  $(l, m, k)$  を通る時に 1 をとり、そうでない時に 0 をとる。

【0032】

上記の記号を用いて本発明の一実施例による設計回路について説明する。まず、最適化基準作成手段 11 は対象ネットワークにおけるリンク負荷を最小化しかつ最適化基準となる目的関数、

$$\text{Min } \phi \quad \dots\dots (1)$$

を設定し、リンク負荷  $\phi$  を求める制約式、

【数 1】

$$\phi \geq \left( \sum_{d \in D} \sum_{a \in N_d} w_{(l, m, k)ad} \right) / c^{given} (\forall (l, m, k) \in L)$$

..... (2)

を設定する。

【0033】

続いて、経路選択条件作成手段 1 2 は他のネットワークから流入するデータのトラフィックを収容する経路を選ぶための制約式、

【数 2】

$$\sum_{i(a,z) \in I(a,z)} f_{i(a,z)}^d = 1 (\forall (a,z) \in P_d, \forall d \in D)$$

文中において、 $f_{i(a,z)}^d$  は  $f_i$  としている。

..... (3)

【数 3】

$$f_{i(a,z)}^d = 0/1$$

..... (4)

を作成する。

【0 0 3 4】

ユーザ別必要リンク容量計算方法作成手段 1 3 は各ユーザの入口ノードから流入するデータのトラフィック毎に各リンクにおいて必要なリンク帯域を計算するための制約式、

【数 4】

$$w_{(l,m,k)ad} = \min \left\{ v_{ad}^{in}, \sum_{\{z:(a,z) \in P_d\}} \sum_{\{i(a,z) \in I(a,z)\}} v_{zd}^{out} g_{i(a,z)}^{(l,m,k)} f_{i(a,z)}^d \right\}$$

$$(\forall d \in D, \forall a \in N)$$

文中において、 $v_{ad}^{in}$  は  $v_{ad}$ 、 $v_{zd}^{out}$  は  $v_{zd}$ 、 $g_{i(a,z)}^{(l,m,k)}$  は  $g_i$  としている。

..... (5)

を作成する。

【0035】

リンク収容条件作成手段作成手段14は各リンクにおいてリンク容量制限を越えないための制約式、

【数5】

$$\sum_{d \in D} \sum_{a \in N_d} w_{(l,m,k)ad} \leq c^{given} (\forall (l,m,k) \in L)$$

..... (6)

を作成する。

【0036】

最後に、最適化手段15は上記の最適化基準作成手段11、経路選択条件条件作成手段12、ユーザ別必要リンク容量計算条件作成手段13、リンク収容条件作成手段14各々によって作成された数理計画問題、つまり(1)式～(5)式を解き、多地点間通信サービスのためのパスを得る。

【0037】

図2は本発明の一実施例による設計回路の処理動作を示すフローチャートである。これら図1及び図2を参照して本発明の一実施例による設計回路の処理動作について説明する。尚、図2に示す処理動作はコンピュータ1が上記の記憶媒体4に記憶されたプログラムを実行することで実現される。

【0038】

入力部2から上記の集合、変数、定数が入力されると(図2ステップS1)、最適化基準作成手段11は対象ネットワークにおけるリンク負荷 $\phi$ を最小化しつつ最適化基準となる目的関数[(1)式]を設定し(図2ステップS2)、リンク負荷 $\phi$ を求める制約式[(2)式]を設定する(図2ステップS3)。

【0039】

同様に、上記の集合、変数、定数が入力されると(図2ステップS1)、経路選択条件条件作成手段12はユーザネットワークから流入するデータのトラフィ

ックを収容する経路を選ぶための制約式〔(3)式〕を作成し(図2ステップS4)、ユーザ別必要リンク容量計算条件作成手段13は入口ノード各々から流入するデータのトラフィック毎に各リンクにおいて必要なリンク帯域を計算するための制約式〔(4)式〕を作成する(図2ステップS5)。

#### 【0040】

また、上記の集合、変数、定数が入力されると(図2ステップS1)、リンク収容条件作成手段14は各リンクにおいてリンク容量制限を越えないための制約式〔(5)式〕を作成する(図2ステップS6)。

#### 【0041】

上述したように、最適化基準作成手段11、経路選択条件作成手段12、ユーザ別必要リンク容量計算条件作成手段13、リンク収容条件作成手段14によってそれぞれ並列的に多地点間通信サービスを求めるための数理計画問題が設定されるので、最適化手段15は数理計画問題を解き、多地点間通信サービスのためのパスを得る(図2ステップS7)。

#### 【0042】

図3は本発明の一実施例による多地点間通信サービスの設計結果の一例を示す図である。この図3を参照して本発明の一実施例による多地点間通信サービスの設計結果の一例について説明をする。

#### 【0043】

図3において、d1は設計法で対象となるネットワーク範囲を示し、これを対象ネットワークと呼ぶ。n1～n7はノードを表す。u1～u4は設計対象外のネットワークを表し、これらのネットワーク間の通信トラフィックが対象ネットワークに流入出する。この対象外のネットワークをユーザネットワークと呼ぶことにする。例えば、u1～u4はあるユーザのネットワークの異なる拠点を表している。

#### 【0044】

ノードのうち、対象ネットワークとユーザネットワークの境界上にあるノードをエッジノード、対象ネットワーク内のノードをコアノードとそれぞれ呼ぶ。ユーザネットワークからトラフィックが入ってくる場合にはエッジノードを入口ノ



ードと呼び、ユーザネットワークにトラフィックが出ている場合にはエッジノードを出口ノードと呼ぶ。

【0045】

普通、エッジノードは入口ノード／出口ノードどちらの役割も果たす。但し、ノードといった場合にはエッジノード及びコアノードの両方が含まれる。また、ノード間及びノード・対象外ネットワーク間の線分はリンクを意味し、これを ( $n1, n2$ ) や ( $u1, n2$ ) 等と表現する。

【0046】

図3ではリンクを一本しか記述していないが、両方向のリンクがあることを示す。例えば、リンク ( $n1, n2$ ) は  $n1 \rightarrow n2$  のリンクと、 $n2 \rightarrow n1$  のリンクとがあることを意味する。尚、同じノード組にいくつものリンクがあってもよい。リンクはその属性に帯域を持つ。図3では説明に必要な部分の帯域しか記述していない。

【0047】

いま、ある多地点間通信サービスにおいて、入口ノード  $n3$  からデータが  $2\text{ Mb/s}$  流入し、入口ノード  $n1$  からデータが  $1\text{ Mb/s}$  流入し、出口ノード  $n6$  からデータが  $2\text{ Mb/s}$  流出し、出口ノード  $n5$  からデータが  $1\text{ Mb/s}$  流出するものとする。

【0048】

すると、任意の入口／出口ノードペア間  $\langle n3, n6 \rangle$ 、 $\langle n3, n5 \rangle$ 、 $\langle n1, n6 \rangle$ 、 $\langle n1, n5 \rangle$  で、上記の流入量・流出量の範囲内で自由に通信することができるようにするために、パス  $p1 \sim p4$  のパスを求める。

【0049】

また、この多地点間通信サービスのために必要な帯域は、図3に示すように、リンク ( $n3, n4$ ) は  $2\text{ Mb/s}$ 、リンク ( $n4, n6$ ) は  $2\text{ Mb/s}$ 、リンク ( $n1, n4$ ) は  $1\text{ Mb/s}$ 、リンク ( $n4, n5$ ) は  $1\text{ Mb/s}$  となる。

【0050】

ここで、例えば、リンク ( $n4, n5$ ) はノード  $n3$  からデータが  $2\text{ Mb/s}$  流入し、ノード  $n1$  からデータが  $1\text{ Mb/s}$  流入しているので、最大  $3\text{ Mb/s}$

のデータが流れる可能性があるが、ノード n 5 から流出するデータのトラフィック量が 1 Mb/s なので、1 Mb/s となる。

【0051】

このように、多地点間通信サービスのための設計方法を数理計画問題として、最適化基準作成手段 11 と経路選択条件作成手段 12 とユーザ別必要リンク容量計算条件作成手段 13 とリンク収容条件作成手段 14 とによって設定し、それを最適化手段 15 で解いているので、入口ノードから流入するデータのトラフィック量及び出口ノードから流出するデータのトラフィック量のみを与えて、その範囲内で任意に通信することができる多地点間通信サービスのためのパス、必要なリンク容量を求めることができる。

【0052】

上記の定数において、最小のリンク空き容量として  $\eta$  を追加すると、最適化手段 11 は対象ネットワークにおけるリンクの空き容量を最大化する目的関数として、

$$\text{Maximize } \eta \quad \dots\dots (7)$$

を設定し、さらに空き容量を求める制約式として、

【数 6】

$$c^{given} - \sum_{d \in D} \sum_{a \in N_d} w_{(l,m,k)ad} \geq \eta (\forall (l,m,k) \in L) \quad \dots\dots (8)$$

を設定する。これらの設定を行うことによっても、最適化基準作成手段 11 は最適化のための数理計画問題を作成することができる。

【0053】

また、上記の変数において、リンク (1, m, k) の単位容量あたりのリンクコストとして  $\omega_{(l,m,k)}$  を追加すると、最適化基準作成手段 11 は対象ネットワークに流入するデータトラフィックを最小のリンクコストで収容する目的関数として、

【数 7】

$$\text{Maximize } \sum_{(l,m,k) \in L} w_l$$

..... (9)

を設定する。この設定を行うことによっても、最適化基準作成手段 11 は最適化のための数理計画問題を作成することができる。

【0054】

続いて、ユーザ別必要リンク容量計算方法作成手段 13 が各ユーザの入口ノードから入ってきたトラフィック毎に各リンクにおいて必要なリンク帯域を計算するための制約式を整数計画問題の制約式として設定する場合について説明する。整数計画問題は数理計画問題の一種であり、最適化手段 15 において各種の整数計画問題の解法（伊里他、「最適化ハンドブック」朝倉書店）を利用することができる。

【0055】

いま、 $x_{(l,m,k)ad}$  をユーザ  $d$  の入口エッジノード  $a$  から流入するトラフィックに関して、リンク  $(l, m, k)$  より下流にある出口エッジノードに流れるフローの合計が入口エッジノード  $a$  に流入してくるトラフィック量  $v_{ad}$  より大きければ 1 をとり、そうでなければ 0 をとる 0-1 変数とし、 $M$  を任意の大きな数とする。ここで、 $M$  は、

【数 8】

$$M = \sum_{\{z: (a,z) \in P_d\}} v_{ad}^{out}$$

..... (10)

という式からあたえられる。

【0056】

ユーザ別必要リンク容量計算方法作成手段13はこれらを用いて次の3つの制約式、

【数9】

$$x_{(l,m,k)ad} \leq \left\{ \sum_{\{z; (a,z) \in P_d\}} \sum_{(l_{a,z} \in l_{(a,z)})} v_{ad}^{out} g_{l_{(a,z)}}^{(l,m,k)} f_{l_{(a,z)}}^d \right\} / v_{ad}^{in}$$

$$(\forall a \in N_d, \forall d \in D, \forall (l,m,k) \in L)$$

..... (10)

【数10】

$$\left\{ \sum_{\{z; (a,z) \in P_d\}} \sum_{(l_{a,z} \in l_{(a,z)})} v_{ad}^{out} g_{l_{(a,z)}}^{(l,m,k)} f_{l_{(a,z)}}^d \right\} / v_{ad}^{in} \leq w_{(l,m,k)ad} + Mx_{(l,m,k)ad}$$

$$(\forall a \in N_d, \forall d \in D, \forall (l,m,k) \in L)$$

..... (11)

【数11】

$$v_{ad}^{in} x_{(l,m,k)ad} \leq w_{(l,m,k)ad}$$

$$(\forall a \in N_d, \forall d \in D, \forall (l,m,k) \in L)$$

..... (12)

を設定する。

【0057】

これによって、ユーザ別必要リンク容量計算方法作成手段13は各ユーザの入口エッジノードaから入ってきたトラフィック毎に各リンクにおいて必要なリンク帯域を計算するための制約式を整数計画問題の制約式として設定することができる。

【 0 0 5 8 】

【発明の効果】

以上説明したように本発明によれば、複数のノードからなりかつ他のネットワークに接続される対象ネットワークにおいて、他のネットワークからデータが入ってくる入口ノードから流入するデータのトラフィック量及び他のネットワークにデータが出て行く出口ノードから流出するデータのトラフィック量を与えてその範囲内で任意に通信可能とする多地点間通信サービスのための通信ネットワーク設計回路において、多地点間通信サービスを求めるための数理計画問題を設定し、その設定された数理計画問題を解いて多地点間通信サービスのためのパスを得ることによって、入口ノードから流入するデータのトラフィック量及び出口ノードから流出するデータのトラフィック量のみを与え、その範囲内で任意に通信することができる多地点間通信サービスのためのパス、必要なリンク容量を求めることができるという効果がある。

【図面の簡単な説明】

【図 1】

本発明の一実施例による多地点間通信サービスのための設計回路の構成を示すブロック図である。

【図 2】

本発明の一実施例による多地点間通信サービスのための設計回路の処理動作を示すフローチャートである。

【図 3】

本発明の一実施例による多地点間通信サービスの設計結果の一例を示す図である。

【図 4】

従来例による多地点間通信サービスの設計結果の一例を示す図である。

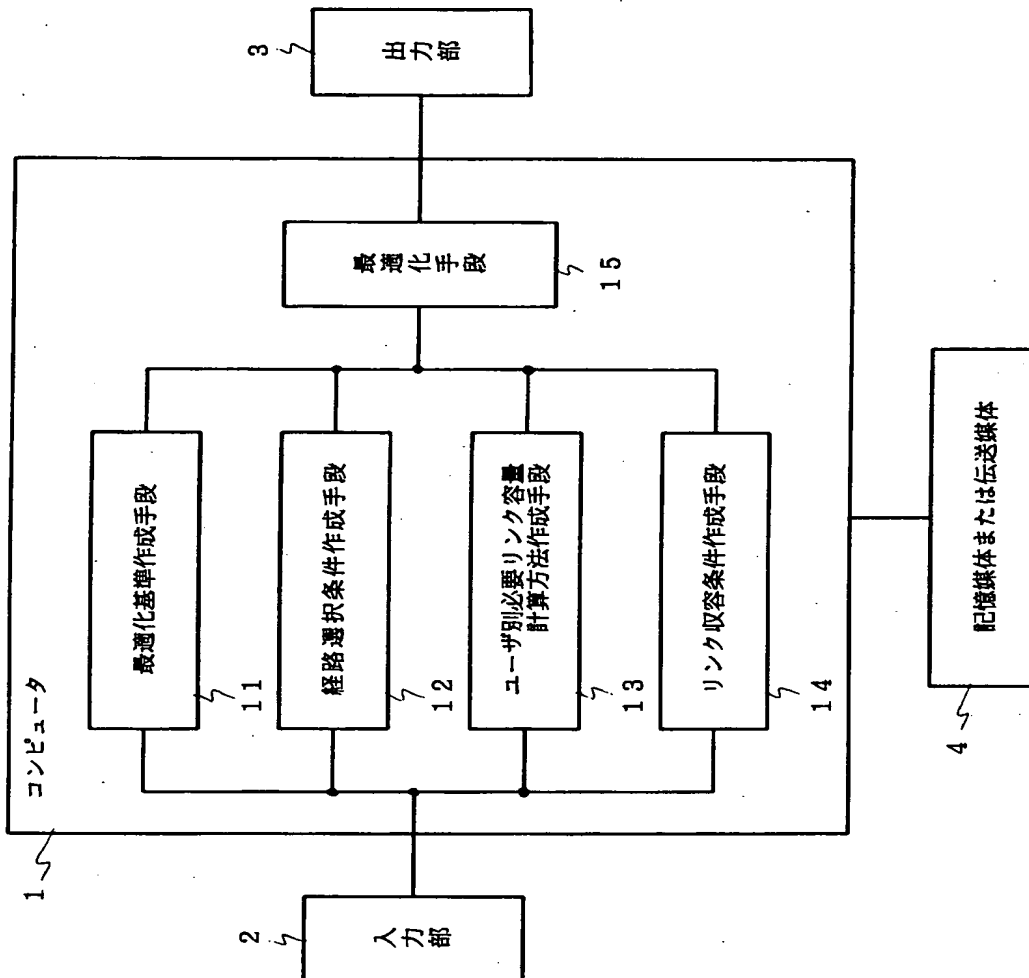
【符号の説明】

- 1 コンピュータ
- 2 入力部
- 3 出力部

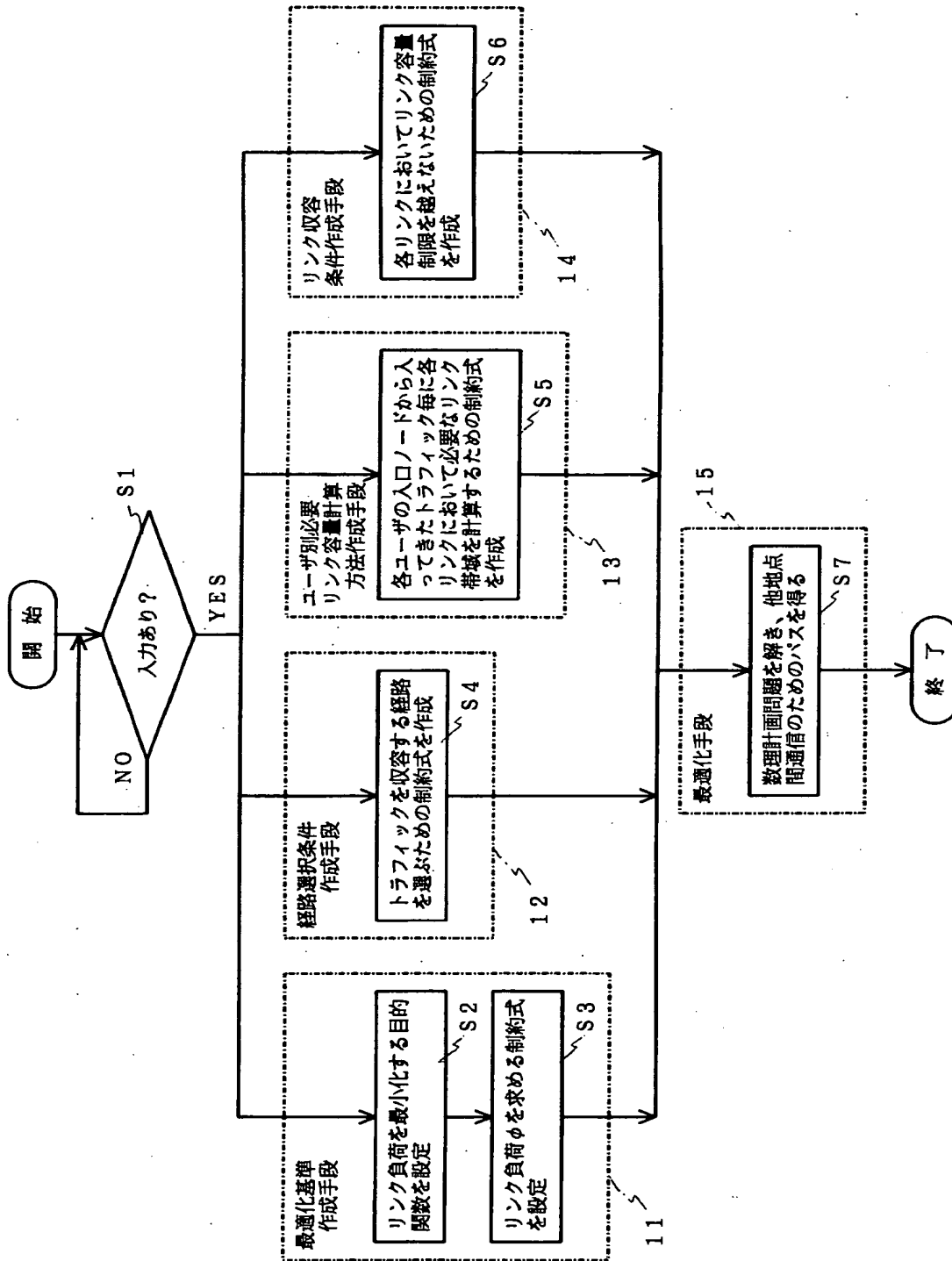
- 4 記録媒体（または伝送媒体）
  - 1 1 最適化基準作成手段
  - 1 2 経路選択条件条件作成手段
  - 1 3 ユーザ別必要リンク容量計算条件作成手段
  - 1 4 リンク収容条件作成手段
  - 1 5 最適化手段

【書類名】 図面

【図 1】

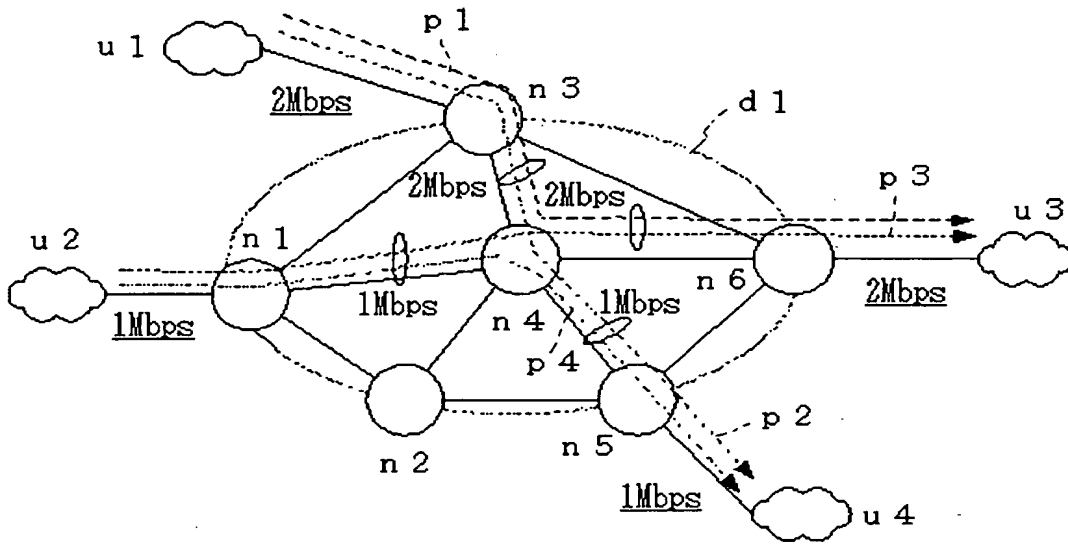


【図 2】

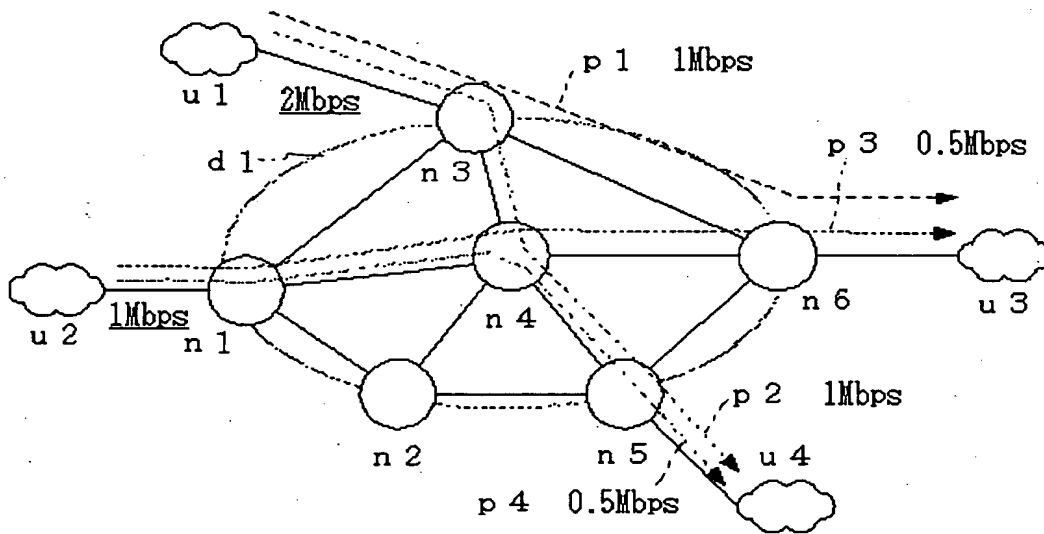




【図 3】



【図 4】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 入口ノードから流入するデータのトラフィック量及び出口ノードから流出するデータのトラフィック量を与え、その範囲内で任意に通信可能なサービスのためのパス、必要なリンク容量を求めることが可能な設計回路を提供する。

【解決手段】 最適化基準作成手段 1 1 はリンク負荷を最小化する目的関数、リンク負荷を求める制約式を設定する。経路選択条件作成手段 1 2 は流入するデータのトラフィックを収容する経路を選ぶための制約式を作成する。ユーザ別必要リンク容量計算条件作成手段 1 3 は各ユーザの入口ノードから入ってきたデータのトラフィック毎に各リンクにおいて必要なリンク帯域を計算するための制約式を作成する。リンク収容条件作成手段 1 4 は各リンクにおいてリンク容量制限を越えないための制約式を作成する。最適化手段 1 5 は上記の各手段によって作成された数理計画問題を解き、多地点間通信サービスのためのパスを得る。

【選択図】 図 1

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号 [000004237]

1. 変更年月日 1990年 8月29日  
[変更理由] 新規登録  
住 所 東京都港区芝五丁目7番1号  
氏 名 日本電気株式会社